

Efecto de barbechos mejorados de *Acacia mangium* sobre la disponibilidad de fósforo en *Vigna unguiculata* en un Ultisol ácido ¹

Fellicita González²
Donald Kass³

Palabras clave: Barbecho mejorado, fósforo, *Acacia mangium*, *Vigna unguiculata*, suelos ácidos, encalado, fracciones de fósforo, reciclaje de nutrientes, Panamá.

¹ Basado en González, F. 1997. Efecto de la *Acacia mangium* Will como barbecho mejorado, sobre la disponibilidad de fósforo en cultivos posteriores en un Ultisol ácido. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba. C.R.

² M. Sc. en Agroforestería Tropical, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1997.

³ Profesor Investigador Principal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. E-mail: dkass@catie.ac.cr

RESUMEN

Se evaluó el efecto de un barbecho mejorado de *Acacia mangium* con frijol caupí (*Vigna unguiculata*), sobre la disponibilidad de fósforo y otros nutrimentos en un Ultisol (Plinthic Haplohumult). El estudio constó de dos ensayos; el primero fue un barbecho de *A. mangium* de seis años de edad, con adición de diferentes niveles de enmienda calcárea a la siembra. El segundo fue un barbecho sin árboles, de un año de edad, con enmienda calcárea y fósforo inorgánico. *A. mangium* recicla importantes cantidades de manganeso, lo que puede ser un problema para cultivos sensibles. Al incrementarse la aplicación de cal al suelo, disminuyó el nivel de manganeso en el cultivo indicador (caupí). El fraccionamiento del P orgánico e inorgánico del suelo al final del experimento indicó que el barbecho de *A. mangium* aumentó la fracción orgánica, pero no afectó las fracciones inorgánicas.

EFFECT OF AN IMPROVED FALLOW OF *Acacia mangium* ON PHOSPHORUS AVAILABILITY FOR *Vigna unguiculata* ON AN ACID ULTISOL

ABSTRACT

The effect of an improved fallow of *A. mangium* on the availability of phosphorus and other nutriments in an Ultisol soil (Plinthic Haplohumult) was evaluated. *Vigna unguiculata* (cowpea) was used as the biological indicator crop. The experiment consisted of two trials: the first one was a six year old *A. mangium* fallow in which different lime levels had been applied at the time of planting; the second was one year old fallow without trees, to which lime or lime plus phosphate fertilizer was applied. *A. mangium* was found to recycle significant amounts of manganese (Mn) which can become a problem for crops susceptible to Mn toxicity. Mn levels in the cowpea indicator crop decreased with lime application. Fractionation of the organic and inorganic P in the soil at the end of the trial indicated that the *A. mangium* fallow increased organic P fractions while leaving inorganic P fractions unaffected.

INTRODUCCIÓN

El propósito de introducir barbecho arbóreo en un sistema de cultivos es mejorar la fertilidad del suelo y obtener algunos productos forestales (Chidumayo, 1988). Según Kass *et al.* (1994), es necesario estudiar nuevas especies de árboles que mejoren los barbechos tanto económica (leña, madera, frutas y otros) como biológicamente (fijadores de nitrógeno, control de malezas, etc.). El barbecho mejorado surge como una alternativa para mejorar los sistemas de agricultura migratoria, transformándolos en sistemas agroforestales estables (Nair, 1993). Una de las principales limitaciones para el establecimiento y persistencia de los sistemas agroforestales es la disponibilidad de fósforo para el cultivo asociado (Ruiz, 1991). El objetivo de esta investigación fue determinar la efectividad del barbecho mejorado de *Acacia mangium* para suplir nutrimentos a los cultivos posteriores y evaluar la interacción entre la enmienda calcárea y la disponibilidad de fósforo en el sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Centro de Enseñanza e Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, localizado en el corregimiento de Chiriquí, provincia de Chiriquí, Panamá, a 8°23'40" de latitud N y 82°20'03" de longitud O, a 25 msnm, con una temperatura promedio de 26°C y 2919 mm de precipitación anual. El sitio corresponde a la formación Bosque Húmedo Tropical Basal. El suelo es un Ultisol (Plinthic Haplohumult) arcilloso, bien drenado, pobre en bases y con alta saturación de aluminio. Se realizaron dos ensayos, uno sobre una plantación de *A. mangium* de seis años de edad, que se utilizó como barbecho mejorado, con caupí (*Vigna unguiculata*) como cultivo indicador; el otro se estableció sin árboles, en octubre de 1996. Para cada ensayo se evaluaron tres tratamientos dispuestos en bloques completos al azar con tres repeticiones.

En el primer ensayo, los tratamientos fueron:

- 1) *Acacia mangium* sin cal (0 kg ha⁻¹ de CaCO₃)
- 2) *Acacia mangium* + cal 50% (2435 kg ha⁻¹ de CaCO₃)
- 3) *Acacia mangium* + cal 100% (4870 kg ha⁻¹ de CaCO₃)

En el ensayo sin árboles, los tratamientos fueron:

- 1) Testigo (sólo caupí, sin enmienda)
- 2) Cal 50% (2435 kg ha⁻¹ de CaCO₃)
- 3) Cal 50% (2435 kg ha⁻¹ de CaCO₃) + 50 kg ha⁻¹ de P₂O₅

Para evaluar la fertilidad del suelo se realizaron muestreos según la metodología descrita por Díaz-Romeu y Hunter (1978), análisis foliares con la metodología de Howeler (1983) y un muestreo de la madurez fisiológica del cultivo, con submuestras de los componentes (hoja+tallo, vainas y raíz). Para evaluar las fracciones de fósforo en el suelo se realizaron dos muestreos a 0-5 cm de profundidad, a los 30 días de la siembra y al final del ciclo de cultivo. Las muestras se analizaron con el método de Hedley *et al.* (1982) más las modificaciones propuestas por Macêdo (1996). Cada ensayo se analizó por separado; se recurrió al análisis de varianza y a las pruebas de comparaciones múltiples de Duncan y se realizaron correlaciones entre las variables evaluadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mejor rendimiento de caupí se obtuvo con el tratamiento 3 (cal 2435 kg ha⁻¹ + 50 kg P₂O₅ ha⁻¹) del ensayo sin árboles. En el barbecho de *A. mangium* no se encontraron diferencias significativas, pero con el tratamiento 2 (cal 2435 kg ha⁻¹) se obtuvo el mayor rendimiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de frijol caupí en Chiriquí, Panamá (kg/ha).

Tratamiento	sin árboles	con árboles
testigo	245	358
cal 50%	407	503
cal 100%	1054	480

Los contenidos de P y otros nutrimentos en la hoja de frijol para los ensayos con y sin árboles (Cuadro 2) fueron bajos (Bertsch, 1995).

Cuadro 2 Contenido de nutrimentos en hojas de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) a la floración Chiriquí, Panamá. 1997.

Trat	N	K	Ca	Mg	P	B	Fe	Cu	Mn	Zn
	%					ppm				
1*	3,3 a	1,5 a	1,4 b	0,2 a	0,1 a	13,2 a	94,6 a	9,3 a	488 a	33 a
2*	3,4 a	1,4 a	2,0 a	0,2 b	0,1 a	12,2 a	89,7 a	6,6 b	318 b	32 a
3*	3,1 a	1,4 a	2,3 a	0,2 b	0,1 a	13,9 a	97,4 a	6,8 a	259 c	33 a
1	3,6 b	1,2 a	1,6 b	0,2 b	0,1 b	8 a	92 a	8 a	321 a	46 a
2	3,9 b	1,6 a	2,6 a	0,2 a	0,1 b	14 a	86 a	8 a	189 a	48 a
3	4,5 a	1,3 a	2,7 a	0,3 a	0,2 a	15 a	314 a	8 a	243 a	40 a

Valores seguidos de la misma letra en las columnas no difieren significativamente (Duncan 5%)

1= Testigo sin árbol

1*= Cal 0% + árbol

2= Cal 50% sin árbol

2*= Cal 50% + árbol

3= Cal 50% + P sin árbol

3*= Cal 100% + árbol

En el ensayo sin árboles, los mayores promedios de calcio, magnesio y fósforo se obtuvieron en el tratamiento 3. El sistema de barbecho de *A. mangium* presentó promedios superiores para potasio y zinc; estos elementos se liberan rápidamente en el suelo a través de la mineralización. El calcio en el barbecho no está en un nivel óptimo para la planta, lo que indica que no hay un ciclaje importante de este elemento.

Se encontraron altas concentraciones de manganeso en las hojas de frijol, pero estas disminuyeron cuando se aplicó la enmienda calcárea, lo que es importante, pues el manganeso puede incrementar la acidez de los suelos y causar problemas de toxicidad a cultivos posteriores.

La distribución porcentual del fósforo en el frijol a la

madurez fisiológica fue, para ambos ensayos, del 63% en las vainas, el 22% en hoja-tallo y el 15% en la raíz. Esto representa una salida importante del elemento del sistema en la cosecha. Para el calcio, el porcentaje mayor (67%) se localiza en hoja-tallo, al igual que el 65% de manganeso y el 47% de potasio. Estos nutrientes son reciclados en el sistema porque los residuos de las cosechas se dejan en el campo. Los mayores porcentajes de hierro y cobre se localizan en la raíz, con promedios de 85% y 48%, para los dos ensayos.

La mayor cantidad de P total extraído (369 mg kg⁻¹) se observa en el primer muestreo para el tratamiento 2 con árboles (2435 kg ha⁻¹ de CaCO₃), lo que indica que la adición de la enmienda calcárea contribuyó a la neutralización del Al (Cuadro 3).

Cuadro 3 Contenido de fósforo (mg/kg⁻¹) en las fracciones orgánicas (Po), inorgánicas (Pi) y P total en el primer muestreo de suelo Chiriquí, Panamá. 1997.

Fracciones de fósforo	TRATAMIENTOS					
	sin árboles			con árboles		
	1	2	3	1*	2*	3*
Pi resina	0,4 a	0,3 a	0,4 a	0,3 a	0,3 a	0,4 a
Pi NaHCO ₃	3,1 a	3 a	4 a	3 a	3 a	2 a
Pi NaOH	33 b	32 b	45 a	39 a	38 a	39 a
Pi HCl	0,9 a	1 a	1,1 a	0,6 a	0,7 a	0,9 a
Po NaHCO ₃	34 a	39 a	42 a	35 a	31 a	34 a
Po NaOH	154 a	145 a	150 a	141 b	168 a	131 b
P residual	104 a	108 a	111 a	97 a	129 a	155 a
P total	328 a	328 a	354 a	315 a	369 a	362 a

Valores seguidos por la misma letra en las hileras no difieren significativamente (Duncan 5%).

1= Testigo sin árbol

1*= Cal 0% + árbol

2= Cal 50% sin árbol

2*= Cal 50% + árbol

3= Cal 50% + P sin árbol

3*= Cal 100% + árbol

Cuadro 4. Contenido de fósforo (mg/kg-1) en las fracciones y P total de las muestras de suelo, segundo muestreo. Chiriquí, Panamá. 1997

Fracciones de fósforo	TRATAMIENTOS					
	sin árboles			con árboles		
	1	2	3	1*	2*	3*
Pi resina	0,4 a	0,4 a	0,7 a	0,4 a	0,4 a	0,4 a
Pi NaHCO ₃	2,1 a	1,5 a	3,1 a	1,9 a	1,4 a	1,5 a
Pi NaOH	29 a	30 a	38 a	34 a	33 a	22 a
Pi HCl	1,1 a	1,1 a	1,2 a	0,6 a	0,7 a	0,8 a
Po NaHCO ₃	32 a	34 a	36 a	35 a	30 a	35 a
Po NaOH	99 a	95 a	88 b	105 a	113 a	108 a
P residual	155 a	147 a	183 a	132 a	163 a	144 a
P total	319 a	309 a	350 a	310 a	341 a	312 a

Valores seguidos por la misma letra en las hileras no difieren significativamente (Duncan 5%)

1= Testigo sin árbol

1*= Cal 0% + árbol

2= Cal 50% sin árbol

2*= Cal 50% + árbol

3= Cal 50% + P sin árbol

3*= Cal 100% + árbol

Los tratamientos no afectaron las fracciones inorgánicas lábiles de P en el primer muestreo en ninguno de los dos ensayos. Sin embargo, los valores de P inorgánico capturado por la resina tienden a ser más altos en el segundo muestreo para casi todos los tratamientos (Cuadro 4)

En estudios realizados por Paniagua (1992) se encontró que el Pi resina aumenta con el tiempo, sobre todo en tratamientos con fertilización y adiciones orgánicas. En este ensayo, el P orgánico se acumuló durante el barbecho de *A. mangium* (seis años). En el periodo de cultivo, el contenido de P orgánico disminuyó, pasando a las fracciones inorgánicas. Los resultados encontrados en este ensayo indican que, en este suelo, el fósforo en las fracciones lábiles pasó rápidamente a fracciones recalcitrantes, las que no son extraídas fácilmente por la planta. Con el tiempo, las fracciones de fósforo cambian en distinta forma para los tratamientos con y sin árboles. Los residuos de *A. mangium* redujeron la tendencia del fósforo a acumularse en las fracciones residuales no disponibles. En presencia de árboles, el P se acumuló en las fracciones orgánicas, que están más disponibles para los cultivos subsecuentes. Los aumentos de fósforo en las fracciones lábiles como resultado de las aplicaciones de cal y fósforo no fueron significativos ni duraderos, lo que

indica una dificultad para incrementar el fósforo disponible para la producción de cultivos

CONCLUSIONES

- La capacidad de *Acacia mangium* para mejorar suelos ácidos es limitada, aunque se aplique cal al momento de la siembra. Propiedades químicas como el pH y el nivel de acidez intercambiable no mejoraron después de seis años de crecimiento. El barbecho de *A. mangium* no suministró niveles satisfactorios de macro-nutrientes para el frijol caupí.
- *Acacia mangium* recicla altas cantidades de manganeso, que se detectó en los tejidos del caupí e influyó desfavorablemente en el rendimiento.
- El barbecho aporta fósforo orgánico al fósforo total; las fracciones inorgánicas son similares para ambos ensayos. La fracción de P orgánico en estos suelos (muy fijadores) es muy importante, porque actúa como depósito del P reciclado.
- Los cambios en las fracciones inorgánicas de P en el suelo variaron con el tiempo en ambos ensayos, siendo mayor la tendencia a acumular P en forma no disponible en ausencia de árboles.
- El mayor rendimiento de caupí se obtuvo en ausencia de árboles, aplicando cal y fósforo inorgánico al suelo al momento de la siembra.



El mayor rendimiento del frijol caupi (*Vigna unguiculata*) se obtuvo en ausencia de árboles, aplicando cal y fósforo inorgánico al suelo en la siembra (Foto F. González)

BIBLIOGRAFÍA CITADA

-
- BERTSCH, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, C.R., Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 164 p.
- BOWMAN, R.; COLE, C. 1978. An exploratory method for fractionation of organic phosphorus from grassland soils. *Soil Science (EE.UU.)* 125(2):95-101.
- CHIDUMAYO, E.N. 1988. Integration and role of planted trees in a bush fallow cultivation system in central Zambia. *Agroforestry Systems (Holanda)* 7:63-76.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelo y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, C.R., CATIE. 68 p.
- HEDLEY, M.J.; STEWART, J.W.; CHAUHAN, B.S. 1982. Changes in inorganic, and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of America Journal (EE.UU.)* 46(5):970-976.
- HOWELER, R.H. 1983. Análisis del tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales: algunos cultivos tropicales. Cali, Col., CIAT. 28 p.
- KASS, D.; FOLETTI, C.; SZOTT, L.T.; LANDAVERDE, R.; NOLASCO, R. 1994. Sistemas tradicionales de barbecho de las Américas. In: *Agroforestería en desarrollo. Educación, Investigación y Extensión*. Ed. L. Krishnamurthy y J.A. Leos-Rodríguez. Chapingo, Méx., Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. p. 110-125.
- MACEDO, J.L.V. 1996. Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas de origen animal y vegetal sobre las formas y disponibilidad de fósforo en el suelo en un sistema de cultivo en callejones. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 54 p.
- NAIR, P.K. 1993. An introduction to agroforestry. Holanda, Kluwer. 498 p.
- PANIAGUA, A.M. 1992. Metodología de fraccionamiento de fósforo del suelo, en un sistema de cultivo en callejones. Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 92 p.
- RUIZ, P. 1991. Phosphorous fertilizer: an essential input to sustain agroforestry systems. *Better Crops International*. 7 (1):8-11.